

# 秋田県田沢湖の堆積物の $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Pb、As 含有量の特徴

石黒卓哉<sup>1</sup>、石山大三<sup>1</sup>、世良耕一郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学大学院国際資源学研究科  
010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1

<sup>2</sup> 岩手医科大学サイクロトンセンター  
020-0603 岩手県滝沢市留が森 348-58

## 1 はじめに

湖の堆積物には、環境の変化が記録されている。秋田県仙北市に位置する田沢湖は、水深が 423.4m で国内最深の湖である。田沢湖周辺に見出された火砕流堆積物が、田沢湖起源である可能性が示され、田沢湖は約 170 万年前に形成されたカルデラ火山であると考えられている<sup>1</sup>。田沢湖形成後のある時期から、日本の固有種であるクニマスが生息し始めた<sup>2</sup>。1940 年に電源開発と農業用水の確保のため、田沢湖に玉川温泉大噴泉由来の重金属を含んだ渋黒一玉川の酸性河川水が導入された。その結果、湖水の pH が 6.0 から 4.5 程度まで酸性化し、クニマスも含め生物が死滅した<sup>3</sup>。

本研究の目的は、田沢湖最深部で 2015 年に採取された堆積物 TZW15-3 (約 280 cm) について、岩相の観察と、PIXE、XRF および ICP-MS による化学分析値に基づき、同堆積物の岩相の変化と地球化学的特徴を明らかにすることである。

## 2 田沢湖堆積物

### 2.1 田沢湖堆積物の採取と試料観察

2015 年 9 月に田沢湖での秋田大学—高知大学—大阪市立大学—仙北市共同研究プロジェクト調査により、田沢湖中心部の水深 423 m 付近から TZW15-1、TZW15-2、TZW15-3 の 3 本、中心よりやや南東よりの水深 415 m 付近から TZW15-4 の 1 本、の合計 4 本のピストンコア試料が採取された (Fig. 1)。本研究では全長約 2.8 m の TZW15-3 (N39°43.208' E140°39.751') を対象に、深度 280 cm の堆積物試料を下位から上位に向けて約 10 cm 間隔に位置する部分と特徴的な違いが見られる部分について、色、粒径、

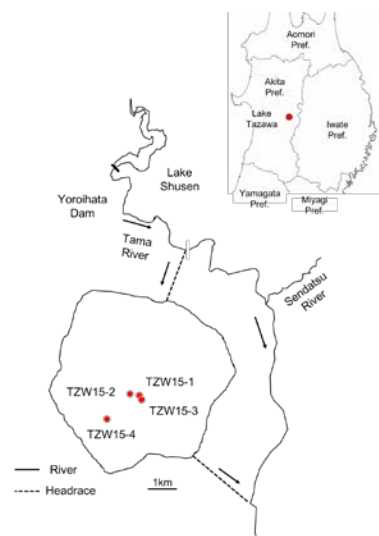


Fig. 1 Location of sediment samples in Lake Tazawa.

円磨度、珪藻の有無について肉眼および顕微鏡観察を行なった。

## 2.2 田沢湖堆積物の岩相変化

TZW15-3 の堆積物の岩相変化を Fig. 2 に示した。田沢湖湖底堆積物は、主にシルト岩からなり、砂岩層や白色珪藻土層およびテフラを伴う。本試料の深度 280~185 cm の部分の岩相は、層厚 1~3 mm 程度の葉理

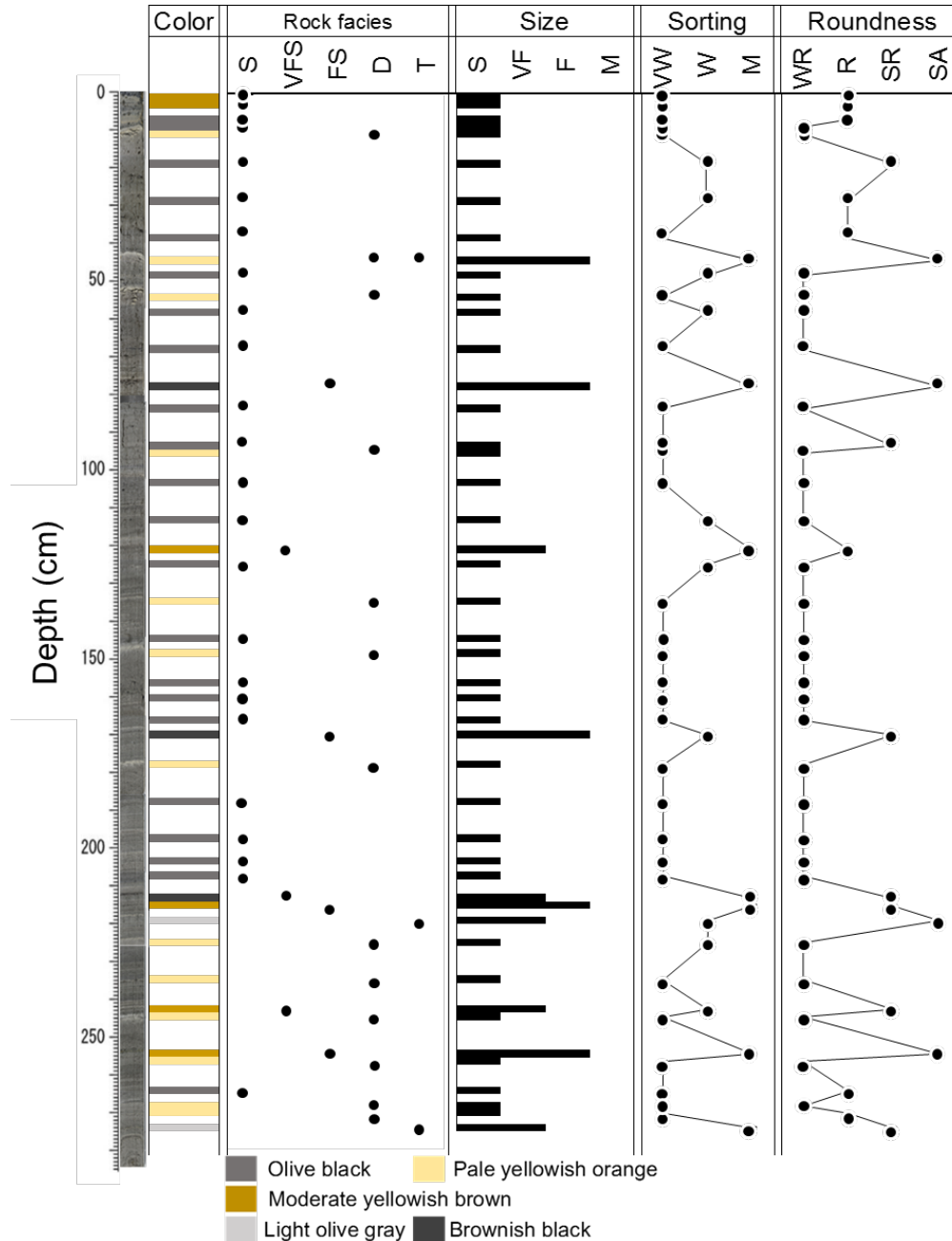


Fig. 2 Variation of rock facies of TZW15-3. Rock facies; S: siltstone, VFS: very fine sandstone, FS: fine sandstone, D: diatomite, T: tephra. Grain size; S: silt, VF: very fine, F: fine, M: medium. Sorting; VW: very well sorted, W: well sorted, M: moderate sorted. Roundness; WR: well rounded, R: rounded, SR: sub-rounded, SA: sub-angular.

が発達するシルト岩が主体で、層厚 1~5 mm の白色珪藻土層と層厚 2~3 mm の細粒砂岩層を伴う。深度 185~10 cm の部分では塊状シルト岩が卓越し、層厚 1~4 mm や 10~15 mm の白色珪藻土層と層厚 20 mm のテフラが狭在される。この深度の葉理や白色珪藻土層の層厚は、深度 280~185 cm の部分に比べて厚い。また白色珪藻土層は塊状シルト堆積物の直上に存在するという特徴が認められる。深度 10 cm~最上部は大気に触れて赤色に変色する塊状シルト堆積物からなり、白色珪藻土層やテフラは欠如する。

### 3 田沢湖堆積物の Pb、As、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量の特徴

採取試料の As 含有量は PIXE 分析、Pb 含有量は ICP-MS 分析、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量は XRF 分析で測定された。PIXE 用分析試料は、田沢湖堆積物の粉末試料に Pd-C (パラジウムカーボン) を加え、内部標準元素となる成分の濃度を定量した。さらに同一試料から Pd-C を加えていない試料を作成、分析し、Pd-C を加えた試料で測定された内部標準元素の濃度に基づき、他元素の定量を行なった<sup>4</sup>。定量分析は仁科記念サイクロトロンセンターの PIXE 装置を使用した。XRF 分析は木村、山田の方法<sup>5</sup>より、粉末試料 0.2 g、融剤 (A10) 4.6 g として 1 : 23 の比率でガラスビードを作成し測定を行なった。得られた化学分析値は H<sub>2</sub>O (+) と H<sub>2</sub>O (-) を除いた重量% (wt%) で表されている。ICP-MS 分析は堆積物試料をフッ酸 (HF)、過塩素酸 (HClO<sub>4</sub>)、濃硝酸 (HNO<sub>3</sub>) の混酸により分解し、ICP-MS 装置 (Agilent 製 7500cx) で測定を行なった<sup>6</sup>。

田沢湖堆積物 TZW15-3 の岩相と SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Pb、As 含有量の変化を Fig. 3 に示した。SiO<sub>2</sub> 含有量は、同成分を主とする白色珪藻土層で 75~80 wt% と高く、砂岩層では 66~70 wt% で低くなる傾向がある。深度 10 cm~最上部の SiO<sub>2</sub> 含有量は 62~65 wt% と低い。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量は砂岩層では 14~17 wt% と高く、シルト岩層と珪藻土層では 10~12 wt% と低い。深度 10 cm~最上部のシルト質堆積物の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量は 18~20 wt% と高い。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と類似した特徴があり、シルト岩層や白色珪藻土層での含有量は 3~5 wt%

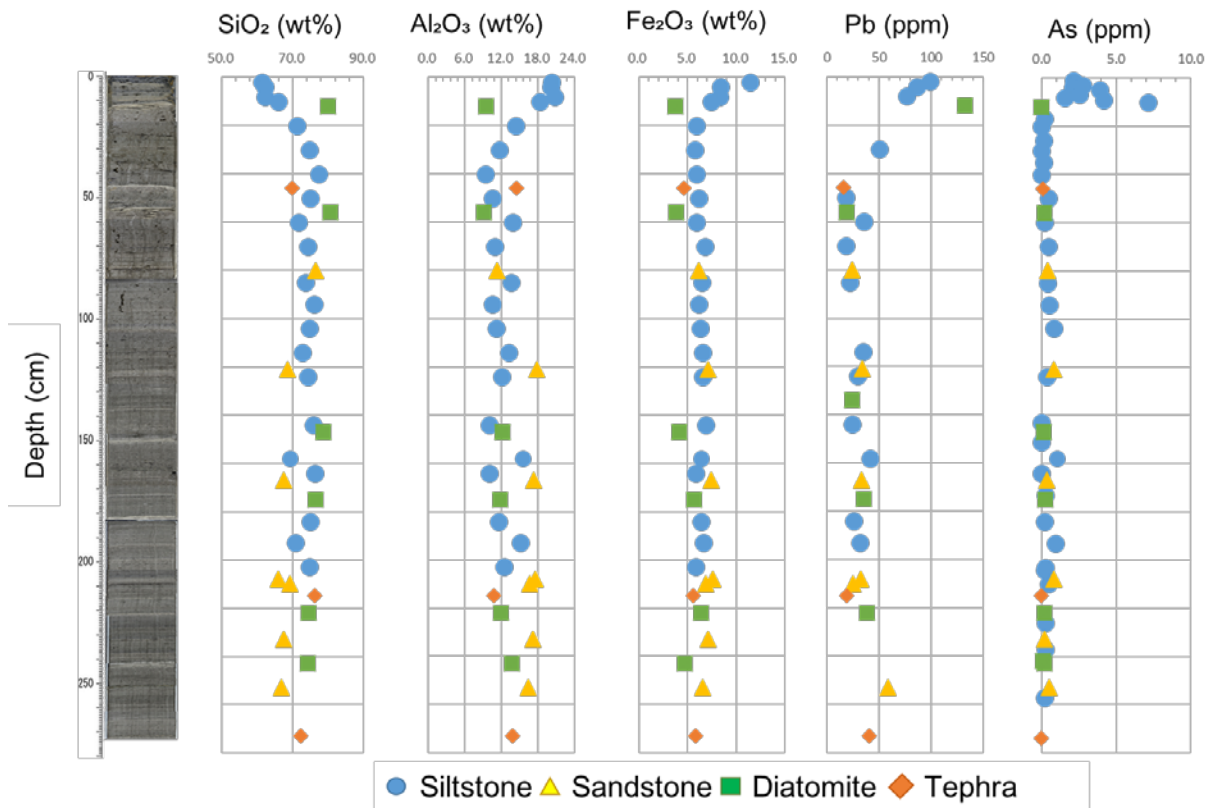


Fig. 3 Variation of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb and As contents of TZW15-3

で、砂岩層での含有量は5~7 wt%である。深度10 cm~最上部のシルト質堆積物のFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量は8~11 wt%と高い。Pb含有量は、シルト岩、砂岩など、岩相が異なっても類似したPb含有量を示すが、下位280~100 cmでのPb含有量は30~50 ppm、その上位100~10 cmでのPb含有量は20~25 ppmと、上位は低い傾向がある。一方、深度10 cm~最上部のPb含有量は76~98 ppmの高い濃度を示す。As含有量は、深度280~10 cmではいずれの岩相においても0~0.6 ppmで低い。深度10 cm~最上部ではAs含有量は2~7 ppmと明らかに高い値を示す。

上記に示されたようにSiO<sub>2</sub>を除く、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Pb、Asの含有量が深度10 cm~最上部で高い値を示す。1940年以降に田沢湖に導入されてきた玉川の酸性河川水はPbやAs含有量が高い<sup>7</sup>。田沢湖堆積物の深度10 cm~最上部の部分は、Al、Fe、Pb、As含有量が高い玉川酸性河川水が田沢湖に導入され、河川水のpHが2から4程度の中性側に変化することで、Al、Fe、Pb、Asなどの元素が沈殿し、湖底に堆積することで形成された可能性がある。これらの結果より深度10 cm~最上部は1940年の玉川の酸性河川水の導入以降に対応しており、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Pb、Asの含有量の変化に影響していると考えられる。

#### 4 まとめ

本研究の結果、田沢湖堆積物TZW15-3について以下のことが確認された。

1. TZW15-3の岩相は、塊状シルト、砂岩、白色珪藻土、テフラから構成される。
2. 10 cm~最上部の堆積物ではFe、Al、Pb、Asの含有量が増加している。このことは1940年に開始された玉川酸性河川水の導入に関連しており、1940年以降の人為的な環境変化が堆積物に記録されていることを示している。

謝辞 本研究は、秋田大学—高知大学—大阪市立大学—仙北市共同研究プロジェクト（研究題目：田沢湖湖底調査業務）の研究費で実施された。

#### 引用文献

- 1) 鹿野和彦・大口健志（2004）：八幡平西方，玉川溶結凝灰岩中に見出された給源不明の火山碎屑堆積物。火山, 49, 283-297.
- 2) 中坊徹次（2011）：クニマスについて—秋田県田沢湖での絶滅から70年—。タクサ, 日本動物分類学会誌, 30, 31-54.
- 3) 組谷 均・小林 裕・片野 登・泉 博克・高橋 浩・小玉幹生・神馬 論・菅 雅春・鈴木雄二・山田雅春（1991）：田沢湖の水質等について—玉川酸性水中和処理施設稼動以前の水質等—。秋田県環境技術センター年報, No. 17, 120-129.
- 4) Sera, K., Futatsugawa, S. and Ishiyama, D. (1999): Application of a powdered-internal-standard method combined with correction for self-absorption of X-rays to geological, environmental and biological samples. International Journal of PIXE, Vol. 9, Nos. 1, 2, 63-81.
- 5) Kimura, K. and Yamada, Y. (1996): Evaluation of Major and trace element XRF analyses using a flux to sample ratio of two to one glass beads. J. Min. Petr. Econ. Geol, 91, 62-72.
- 6) 佐藤比奈子・石山大三・水田敏夫・石川洋平（1999）：プラズマイオン源質量分析法（ICP-MS法）による岩石試料および熱水試料の希土類元素分析。秋田大学工学資源学部研究報告, 第20号, 1-8.
- 7) 佐藤比奈子・石山大三・水田敏夫・世良耕一郎（2004）：秋田玉川温泉の大噴と湯川の温泉水と沈殿物の特徴。NMCC共同利用研究成果報文集 12, 205-211.

## Characteristics of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb and As contents of sediment in Lake Tazawa, Akita Prefecture, Japan

Takuya Ishiguro<sup>1</sup>, Daizo Ishiyama<sup>1</sup> and Koichiro Sera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of International Resource Sciences, Akita University  
1-1 Gakuen-Machi, Tegata, Akita 010-8502, Japan

<sup>2</sup>Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0603, Japan

### Abstract

Lake Tazawa that was formed as a caldera lake by volcanic activity around 1.7 Ma is deepest lake in Japan. In 1940, acidic river of Tama River was introduced to Lake Tazawa. As a result of acidification of lake water, all living things including *Oncorhynchus Kawamurae* “Kunimasu” in the lake were died. The purpose of this study is to clarify characteristics of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb and As contents of the sediment sample (TZW15-3, 2.8m in length).

The sediment sample mainly consists of siltstone with intercalation of layers of very fine and fine sandstone, diatomite and tephra. In lower part of sediment sample from 280~190cm, lamination is distinct. On the other hand, the sample from 190~10cm, massive siltstone is dominant. Sediment from 10cm to top shows brown to reddish color, when the sediments were dried in air. Sediment samples in this part consist of unconsolidated silt with lack of diatomite.

SiO<sub>2</sub> content of sediments is high in layers of diatomite. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents of the sediments are high in layers of very fine and fine sandstones. Pb and As contents do not show distinct change from 280cm to 10cm. Sediment samples from 10cm to top show clearly higher Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb and As contents. These facts suggests introduction of acidic river water from Tama River. The point at a depth of approximately 10cm from Top in the sediment sample corresponds to the time of the introduction of acidic river water in 1940.